

## Исследование состояния геометрии формы и заточки сучкорезных ножей харвестеров

А. А. Селиверстов<sup>1</sup>  
И. В. Симонова  
А. А. Александров

*Петрозаводский государственный университет*

### АННОТАЦИЯ

В статье описана геометрия формы сучкорезных ножей и геометрия их заточки для однозахватных харвестерных головок. Выявлены основные причины нарушения геометрии в процессе эксплуатации, влияющие на качество обрезки сучьев.

**Ключевые слова:** харвестер, сучкорезные ножи, геометрия формы, качество обрезки сучьев.

### SUMMARY

Geometry of form and sharpening of one grip harvester head knives is described. The main reasons of geometry form breach in the course of harvester head operation which influence on the quality of branches cutting are exposed.

**Keywords:** harvester, delimiting knives, geometry of form, quality of branches cutting.

Обрезка сучьев является одной из основных и трудоемких операций лесозаготовок. Качество обрезки сучьев существенно влияет на качество заготавливаемого древесного сырья и его цену. Не полностью срезанные сучья, вырывы у основания сучка, задиры и зарезания ножей в древесину снижают качество получаемой деловой древесины и, прежде всего, пиловочных бревен и фанерного кряжа [1].

Для механизации данной операции применяются различные сучкорезные механизмы, основным элементом которых являются стальные профильные ножи специальной геометрической формы. Как правило, они имеют клиновидную заточку передней грани, с помощью которой и происходит срезание сучьев.

Большинство современных машин для обрезки сучьев устроено таким образом, что предварительно поваленное дерево с усилием протягивается относительно неподвижных ножей, охватывающих ствол по контуру, близкому к окружности ствола. Ножи долж-

ны обеспечивать максимальный контакт с деревом по образующей ствола.

В процессе протягивания происходит принудительное наталкивание сучьев на заточенные сучкорезные ножи и при этом производится их силовое бесстружечное срезание. Физическая сущность данного процесса срезания заключается в свойстве древесины деформироваться с изменением объема и с малым сопротивлением внедрению клина из более твердого материала. При этом скорость протекания процесса (скорость протягивания) относительно невысока. На современных машинах она не превышает 5 м/с и составляет, как правило, от 2,5 до 4 м/с в зависимости от объема протягиваемого ствола.

В современных технологических процессах лесозаготовок обрезка сучьев осуществляется либо специальными сучкорезными машинами, либо многооперационными лесными комбайнами (процессорами и харвестерами). Все эти машины имеют двухрядное расположение ножей, разнесенных по длине на расстояние, кратное расстоянию между мутовками сучьев ели.

Анализ технологических процессов лесозаготовок на территории Республики Карелия и Финляндии [2, 3] показал, что при механизированной обрезке сучьев наиболее широко применяются одномодульные харвестеры (харвестерные головки).

Сучкорезные ножи харвестерных головок располагаются на двух уровнях – в верхней и нижней частях рамы (рис. 1).

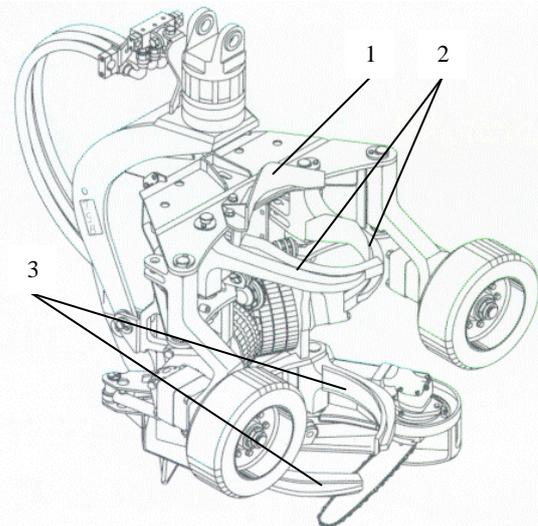


Рис. 1. Общий вид современной харвестерной головки:

1 – опорный нож; 2 – боковые подвижные ножи верхнего уровня; 3 – боковые подвижные ножи нижнего уровня

Как правило, на верхнем уровне имеется три ножа – два боковых подвижных, которые раскрываются и закрываются для обхвата ствола дерева, и один опор-

<sup>1</sup> Авторы – соответственно к. т. н., ст. преподаватель кафедры тяговых машин; к. т. н., доцент кафедры начертательной геометрии и инженерной графики; аспирант кафедры тяговых машин.

ный (чаще жесткофиксированный на раме). На нижнем уровне – один или два боковых подвижных. Боковые подвижные ножи, как правило, имеют индивидуальный привод от гидроцилиндров либо кинематически связаны с прижимным устройством протягивающего механизма. В некоторых конструкциях харвестерных головок верхний опорный сучкорезный нож подпружинен или имеет механизм прижима к стволу дерева, связанный кинематически с боковыми ножами [4].

При обрезке сучьев на верхний ряд сучкорезных ножей приходится 60–70 % общего количества срезаемых сучьев, на нижний – остальные 30–40 %.

Форма ножам придается криволинейная (по окружности или эллипсу) с тем, чтобы они наиболее полно охватывали ствол на разных диаметрах (рис. 2).

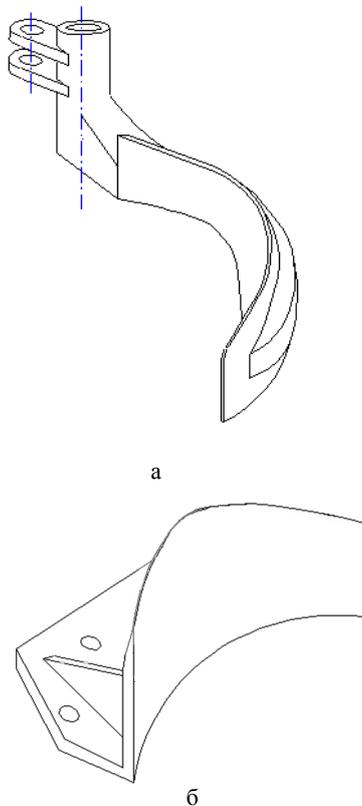


Рис. 2. Сучкорезные ножи:  
а – боковой подвижный; б – опорный

У ножей верхнего уровня нижняя поверхность, охватывающая ствол, делится на два сектора (рис. 3). Форма ножа в секторе А рассчитана специально для срезания сучьев у тонких стволов деревьев диаметром до 150 мм, а в секторе Б или В – для срезания сучьев толстых стволов. Ножам нижнего уровня, как правило, придают такую форму, которая рассчитана на обрезку сучьев крупных стволов деревьев.

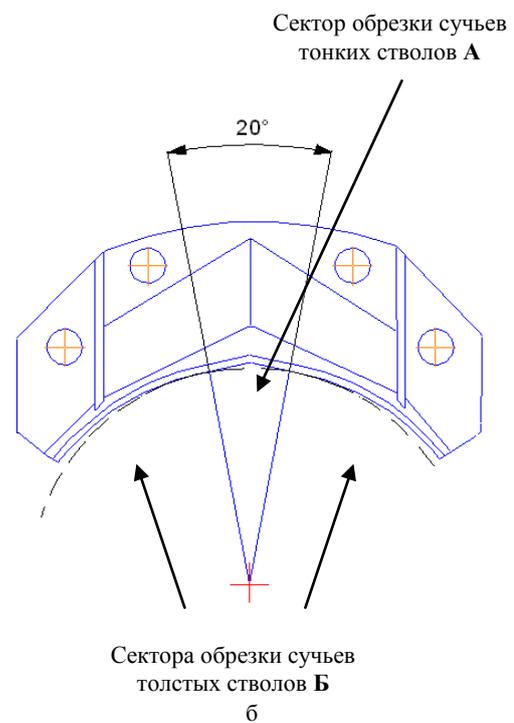
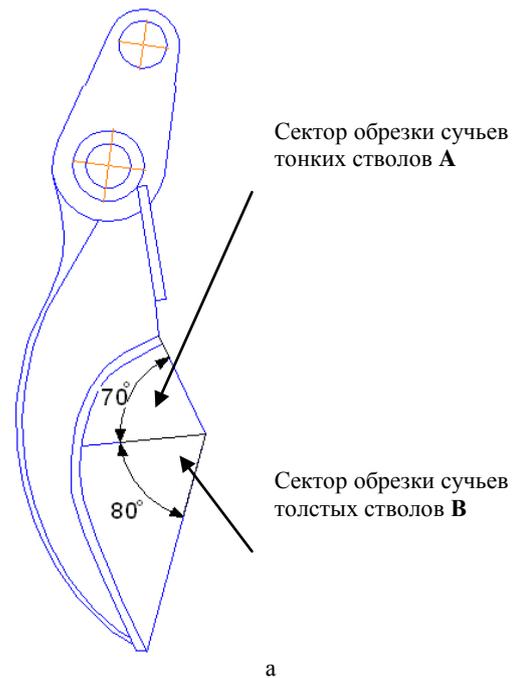


Рис. 3. Форма сучкорезных ножей:  
а – боковой подвижный; б – опорный

Радиус кривизны режущей кромки опорного ножа  $R_k$  (рис. 4) может быть определен по формуле [5]:

$$R_k = (0.6..0.7) \cdot d ,$$

где  $d$  – наибольший диаметр поперечного сечения ствола в месте обрезки сучьев, м.

Длина ножа по хорде  $B$  равна

$$B = 1.05 \cdot d \cdot \sin\left(\frac{\phi}{2}\right)$$

На схеме  $d_c$  – диаметр сучка (до 110 мм) и  $h_c$  – высота сучка, оставленного после обработки дерева.

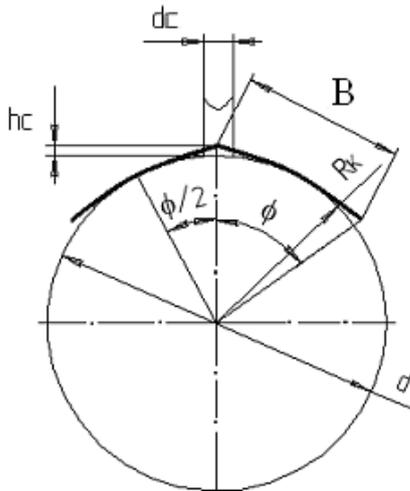


Рис. 4. Расчетная схема

Нож по конструкции бывает сварной или литой с короткой или удлиненной режущей кромкой. Реже встречаются ножи со сменной режущей кромкой (например, ножи головки Waratah НТН 616).

Эффективность срезания сучьев и исключение зарезания ножа в древесину ствола зависят не только от геометрии формы и регулировок давления его прижима к стволу, но и от геометрии заточки режущей кромки.

На современных харвестерных головках геометрия режущей кромки ножа может быть различная [6, 7].

Клиновидная заточка плоскости передней грани с прямой нижней гранью режущей кромки (рис. 5, а) встречается редко, поскольку такая геометрия заточки приводит к чрезмерному сдиранию коры и зарезанию ножа в древесину, в особенности при срезании толстых сучьев. Например, такую заточку имеет верхний опорный нож головки John Deere 758 HD и только в секторе А обрезки сучьев тонких стволов (см. выше рис. 3, б).

Для исключения зарезания ножа в ствол между нижней гранью режущей кромки и стволом оставляют зазор от 1 до 4 мм длиной до 10 мм либо выполняется встречная заточка на угол 10–15 градусов, как с зазором, так и без него (рис. 5, б, в, г). Такая геометрия режущей кромки характерна как для боковых подвижных, так и опорных ножей.

Следует отметить, что производители харвестеров не рекомендуют затачивать ножи по нижней грани режущей кромки, если на ней имеется зазор. Иначе нож будет отходить от поверхности ствола и некачественно срезать сучья. В противном случае в процессе работы необходимо увеличить давление прижима ножа к стволу, что, в свою очередь, приведет к увеличению трения его о ствол и ухудшению условия протягивания.

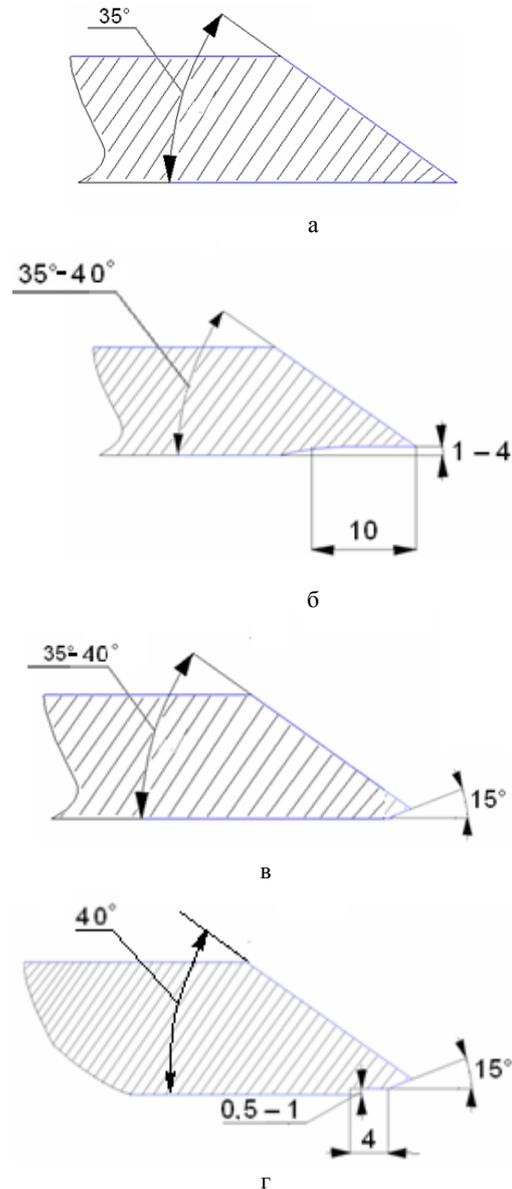


Рис. 5. Геометрия короткой режущей кромки ножа: а – клиновидная заточка плоскости передней грани и прямая нижняя грань; б – клиновидная заточка передней грани и зазор на нижней грани; в – клиновидная заточка передней грани и встречная заточка нижней грани; г – клиновидная заточка передней грани и зазор на нижней грани со встречной заточкой

Широкое распространение получили ножи с удлиненной режущей кромкой, например головки SP 650 Maskiner, Ponsse H60 и многие др.

Ножи такого типа также имеют клиновидную заточку передней грани режущей кромки с зазором на нижней грани, или со встречной заточкой (рис. 6), или с зазором и встречной заточкой. Передняя грань удлиненная, как правило, на 30 мм и имеет два угла заточки. Такая геометрия режущей кромки способствует повышению скорости срезания сучьев за счет меньшего сопротивления внедрению ножа в древесину.

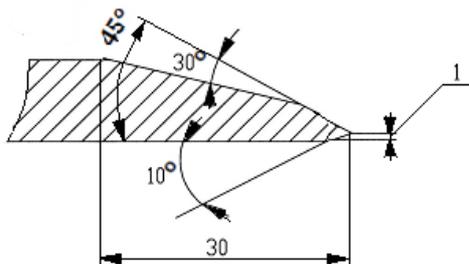


Рис. 6. Геометрия удлиненной режущей кромки ножа со встречной заточкой

Клиновидная заточка передней грани короткой или удлиненной режущей кромки для ножей верхнего уровня составляет 30–35 градусов, для ножей нижнего уровня – 40–45 градусов. В разных секторах обрезки сучьев (см. выше рис. 3) она также различается и составляет, как правило, 35 градусов для того сектора ножа, который предназначен для обрезки сучьев тонких стволов.

На некоторых моделях харвестерных головок, например SP 650 Maskiner, по нижней поверхности бокового ножа наплавлены направляющие пластины толщиной около 4 мм. При протягивании ствола пластины ножа скользят по коре, а сами ножи не режутся в древесину.

Естественно, что нормальное функционирование сучкорезных ножей для качественной обрезки сучьев должно обеспечиваться на всем сроке эксплуатации сучкорезного устройства. Это требование предполагает постоянное сохранение геометрии формы ножей и геометрии их первоначальной заводской заточки, как при механическом воздействии, так и при абразивном износе.

Для оценки реального состояния сучкорезных ножей харвестерных головок нами в рамках международного научного проекта «Лесозаготовки и логистика в России – в фокусе возможности бизнеса и исследования», финансируемого программой TEKES, были проведены соответствующие исследования.

В ходе исследований было установлено, что в бесснежный период работы износ режущих кромок ножей происходит более интенсивно, не-

смотря на меньшие усилия срезания сучьев. Это обусловлено тем, что в бесснежный период работы сучья имеют минеральные примеси (после валки дерева на землю), ножи часто загрязняются почвой при укладке харвестерной головки на землю при технологических перерывах, повреждаются камнями или ударами о машину при работе и транспортировке. Удары ножей о раму машины могут привести и к потере геометрии формы. Нами были отмечены случаи появления трещин и сколов тела ножа.

Если изменения геометрии формы ножей отмечаются крайне редко и обусловлены грубыми нарушениями правил эксплуатации, то нарушения геометрии формы заточки режущей кромки распространены достаточно часто. В первую очередь они обусловлены повышенным износом кромки с последующей попыткой некачественного ее восстановления.

Для примера ниже, в таблице 1, представлены результаты измерения углов заточки (в сравнении с первоначальными, рекомендуемыми производителем) для трех харвестерных головок John Deere 758HD.

Анализ приведенных данных показывает, что для боковых подвижных ножей верхнего уровня углы заточки в секторе обрезки сучьев толстых стволов увеличены на 5–10 градусов в сравнении с рекомендуемыми величинами. Для боковых подвижных ножей нижнего уровня углы заточки увеличены или уменьшены на 5 градусов, а для опорного ножа – на 7 градусов. Причиной такого расхождения является, как правило, неверная заточка ножей при их техобслуживании.

Таким образом, установлено, что основной причиной потери геометрии формы заточки является несоблюдение требований по техобслуживанию ножей. В первую очередь – их заточка «на глазок» с игнорированием требований инструкции по эксплуатации. Имелись случаи дополнительной заточки ножей по нижней грани режущей кромки. Хотя на первый взгляд при такой встречной заточке снижается трение ножей о ствол, однако, при этом в процессе протягивания ножи часто отходят от поверхности ствола, увеличивая высоту не полностью срезанных сучьев (в особенности при обработке лиственных пород деревьев).

Отмеченные несоответствия формы ножей их заводской характеристике являются одной из причин потери качества древесного сырья при обрезке сучьев.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сюзёв В. С. Сравнение технологий лесосечных работ в лесозаготовительных компаниях Республики Карелия: монография / В. С. Сюзёв, А. П. Соколов, А. П. Коновалов и др. Йоэнсуу: Изд-во НИИ леса Финляндии METLA, 2008. 126 с.

2. Аланне Х. Машинизация заготовки леса в Финляндии (состояние и перспективы) / Х. Аланне, В. С. Сюнёв // Сб. научн. тр. ЛИФа ПетрГУ. Выпуск 2. Петрозаводск, 1999. С. 3–8.
3. Сюнёв В. С. Развитие сортиментной технологии лесозаготовок и использование харвестеров в Республике Карелия / В. С. Сюнёв, А. А. Селиверстов // Лес и бизнес. 2006. № 7. С. 58–61.
4. Сюнёв В. С. Рабочие органы харвестеров: проектирование и расчет: Учеб. пособие / В. С. Сюнёв, А. А. Селиверстов. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2005. 204 с.
5. Вороницын К. И. Машинная обрезка сучьев на лесосеке / К. И. Вороницын, С. М. Гугелев. М.: Лесная промышленность, 1989. 272 с.
6. Kesla харвестеры 25RH и 25RHS: эксплуатация, обслуживание, запчасти. [Б. м.], 2007. 58 с.
7. Инструкция по эксплуатации и техническому обслуживанию харвестерной головки Ponsse H73e. [Б. м.], 2006. 136 с.

Таблица 1

Углы заточки режущих кромок ножей, измеренные (1) и рекомендуемые производителем (2)

	Угол заточки режущих кромок ножей в град.				
	боковые подвижные ножи верхнего уровня		боковые подвижные ножи нижнего уровня <b>В</b>	опорный верхний нож	
	<b>А</b>	<b>В</b>		<b>А</b>	<b>Б</b>
<b>1</b>					
1	40°	50°	45°	30°	30°
2	35°	40°	40°	35°	30°
<b>2</b>					
1	38°	45°	35°	29°	35°
2	35°	40°	40°	35°	30°
<b>3</b>					
1	40°	47°	40°	35°	37°
2	35°	40°	40°	35°	30°

Примечание: А, Б, В – сектора обрезки сучьев нижней поверхности ножей, охватывающих ствол.